

- a) auf den Stirnflächen eines Siliziumsubstrates wird eine niedrig dotierte tiefe n^{++} -Schicht bzw. eine niedrig dotierte tiefe p^{++} -Schicht (mit niedriger Oberflächenkonzentration) ganzflächig hergestellt.
- b) auf den niedrigdotierten, tiefen Schichten wird jeweils eine Passivierungsoxidschicht erzeugt,
- c) auf die Passivierungsoxidschichten werden Absorptionsschichten aus Siliziumnitrid, Titanoxid oder Tantaloxid aufgebracht,
- d) im Bereich der vorgesehenen ohmschen Kontaktflächen bzw. der metallischen Kontakte werden in den Absorptionsschichten und den Passivierungsschichten Diffusionsfenster durch Bestrahlung mit Laserlicht geöffnet,
- e) in den Fensteröffnungen werden die höher dotierten flachen n^{++} - bzw. p^{++} -Schichten (mit hoher Oberflächenkonzentration) durch Eindiffusion von Dotierstoffen hergestellt, und
- f) auf die Absorptionsschichten werden die metallischen Kontakte, die die Fensteröffnungen in den Absorptionsschichten und den Passivierungsoxidschichten ausfüllen, aufgebracht.

Eine erfindungsgemäße Weiterbildung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß nach dem Aufbringen der Absorptions-Schichten aus Siliziumnitrid, Titanoxid oder Tantaloxid auf diese Schichten jeweils eine Siliziumoxidschicht in einer für Diffusionsmasken benötigten Dicke aufgebracht wird, und daß diese Maskierungsoxidschichten bei der Bestrahlung mit Laserlicht in den Bereichen der Fensteröffnungen abgetragen werden und bei der Herstellung der höher dotierten Schichten die Absorptionsschichten während des Diffusionsvorganges schützen.

Weitere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen 4 bis 12 beschrieben.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel nach der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen die **Fig. 3** und **4**, die sich an die den Stand der Technik wiedergebenden und eingangs beschriebenen **Fig. 1** und **2** anschließen, jeweils eine schematische Darstellung einer Hochleistungs-Solarzellenstruktur im Querschnitt.

Diese Hochleistungs-Solarzellenstrukturen bestehen aus einem Siliziumsubstrat **1**, auf dessen Stirnflächen eine niedrig dotierte tiefe n^{++} -Schicht **(2)** bzw. eine niedrig dotierte p^{++} -Schicht **(7)**, jeweils eine Passivierungsoxidschicht **(4)** bzw. **(9)**, jeweils eine Absorptionsschicht **(5, 10)**, die als Antireflexschicht ausgebildet sein kann, und elektrische Kontakte **(6)** bzw. **(11)** hergestellt sind. Die in **Fig. 4** dargestellte Struktur weist zusätzlich noch jeweils die, die Absorptionsschichten (AR-Schichten) **(5)** bzw. **(10)** bedeckenden Siliziumoxidschichten (Maskierungsoxidschichten) **(12)** bzw. **(13)** auf, deren Bedeutung und Herstellung untenstehend beschrieben wird.

Beide gezeigten Strukturen, die jeweils für eine beidseitige Bestrahlung vorgesehen sind, weisen im Bereich der ohmschen Kontaktflächen **3/6** bzw. **8/11** an der Oberfläche höher dotierte flache n^{++} - bzw. p^{++} -Schichten auf, die in die an der Oberfläche niedrig dotierten n^{+} - bzw. p^{+} -Schichten **(2)** bzw. **(7)** integriert sind und die mit den elektrischen Kontakten **(6)** bzw. **(11)** in elektrisch leitender Verbindung stehen.

Das Verfahren zur Realisierung der in **Fig. 3** und **4** gezeigten Strukturen beginnt mit der ganzflächigen Herstellung der niedrig dotierten tiefen Schichten **(2)** und **(7)** mittels der üblichen Verfahren, beispielsweise Diffusionsverfahren. Als nächstes erfolgt die Herstel-

lung der Passivierungsoxidschichten **(4)** und **(9)** (etwa durch thermische Oxidation).

Zur Herstellung der höher dotierten Schichten **(3)** und **(8)** mittels Diffusion von Dotieratomen wird eine Diffusionsmaske benötigt, für die üblicherweise eine hinreichend dicke ($> 100\text{mm}$) Siliziumoxidschicht verwendet wird. Für die Öffnung des Diffusionsfensters in diesem Oxid bietet sich als flexibelste und kostengünstigste Methode der Einsatz eines Laserstrahles an, der jedoch nicht zu einer Schädigung der darunter liegenden Siliziumschichten führen darf. Daher scheidet die Verwendung der bisher eingesetzten (langwelligen) Nd-YAG-Laser aus. Auch die Verwendung eines kurzweligen Excimer-Lasers stellt zunächst keine Lösung dar. Da die Absorption z. B. für Laserlicht der Wellenlänge $\lambda = 240\text{ nm}$ im Siliziumoxid so gering ist, würde die darunterliegende Siliziumschicht durch eindringendes Laserlicht geschädigt werden.

Um derartige Schäden zu vermeiden, erfolgt zunächst auf den Passivierungsoxidschichten **(4)** und **(9)** die Herstellung der Absorptionsschichten **(5)** und **(10)**. Dafür können z. B. einige 100 \AA dicke Schichten aus Siliziumnitrid, Titanoxid oder Tantaloxid verwendet werden. Diese absorbieren Laserlicht mit $\lambda = 240\text{ nm}$ bereits bei derart geringen Einstrahlenergien, die zur Schädigung von Silizium nicht ausreichend sind. Da diese Schichten auch als Antireflexbeschichtungen üblich sind, wurde die Dicke von $\lambda/4 \cdot n$ getestet. Versuche zeigten, daß die Absorptionsschichten dieser Dicke sehr gut die Bedingung erfüllen, einen Abtrag ohne Schädigung darunterliegender Siliziumschichten durchzuführen. Zwar könnte z. B. Siliziumnitrid auch als Diffusionsmaske Verwendung finden, jedoch würden durch die Diffusion seine optischen Eigenschaften so stark beeinträchtigt, daß es den Ansprüchen an eine gute Antireflexschicht nicht mehr genügt.

Daher wird über die, als AR-Schicht ausgelegten Absorptionsschichten **(5)** und **(10)**, eine Siliziumoxidschicht **(12)** bzw. **(13)** mittels üblicher Verfahren (z. B. CVD-Abcheidung) in der für Diffusionsmasken benötigten Dicke aufgebracht, die gleichzeitig die darunterliegende Absorptionsschicht während der Diffusion schützt. Als weiterer Verfahrensschritt erfolgt dann die Öffnung der Diffusionsfenster durch Bestrahlung mit Laserlicht, das durch die Maskierungsoxidschicht in die Absorptionsschicht eindringt und darin absorbiert wird, wodurch das Schichtmaterial abdampft und dabei die Maskierungsoxidschicht mit abgehoben wird. Durch die so erzeugten Fensteröffnungen wird direkt anschließend die Herstellung der an der Oberfläche höher dotierten Schichten **(3)** und **(8)** bevorzugt mittels üblicher Diffusionsverfahren durchgeführt, denn die für gute optische und passivierende Eigenschaften erforderlichen Passivierungsoxide mit Dicken von $100\text{--}300\text{ \AA}$ stellen keine Beeinträchtigung für die Diffusion dar. Die Maskierungsoxidschichten **(12, 13)** können entweder ganz oder zumindest teilweise auf den Oberflächen verbleiben, da sie sich bei der eingebetteten Zelle optisch neutral verhalten (siehe **Fig. 4**), oder auch z. B. mittels üblicher Ätzverfahren in Flußsäuremischungen abgetragen werden (siehe **Fig. 3**), falls nach der Herstellung der Kontakte **(6, 11)** eine zweite AR-Beschichtung zur Erzielung einer doppellagigen AR-Schicht aufgebracht werden soll. Da insbesondere die bei den hohen Diffusionstemperaturen getemperten Siliziumnitridschichten in schwachen Flußsäurelösungen unlöslich sind, ist in diesem Fall das vollständige Abtragen des Maskierungsoxids problemlos möglich. Die anschließende Kontaktherstellung kann

mit allen üblichen Verfahren erfolgen, z. B. ist die preiswerte Siebdrucktechnik hierfür einsetzbar.

Abwandlungen der in den **Fig. 3** und **4** gezeigten Struktur, wie zum Beispiel mit punkt- oder linienförmigen an der Oberfläche hochdotierten Bereichen (**3**) bzw. (**8**), und den zugehörigen gleichgroßen Fensteröffnungen in Kombination mit fingerförmigen oder ganzflächigen Kontaktsschichten, sind ebenfalls möglich unter Beibehaltung der prinzipiellen neuen Strukturmerkmale und des Verfahrens zu ihrer Herstellung.

Der oben beschriebene, ein wesentliches Merkmal der Erfindung dargestellten Verfahrensschritt zum Öffnen von Fenstern in Maskierungsschichten ohne Schädigung darunterliegender Siliziumschichten könnte vorteilhafterweise auch bei der Herstellung anderer elektronischer Bauelemente eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Hochleistungs-Solarzellenstruktur, die insbesondere für eine einseitige oder zweiseitige Bestrahlung vorgesehen ist, vorzugsweise kristalline Siliziumsolarzelle mit np-Struktur auf der Basis von p-typ-Siliziumsubstraten und n-typ-Emitter an der der Sonne zugewandten Vorderseite, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf den zur Bestrahlung vorgesehenen Solarzellenseiten tiefe, an den Oberflächen niedrig dotierte n⁺- bzw. p⁺-Schichten (**2** bzw. **7**) angeordnet sind, und daß in diese Schichten (**2** bzw. **7**) im Bereich der ohmschen Kontaktflächen (**3/6** bzw. **8/11**) der metallischen Kontakte (**6** bzw. **11**) flache, an der Oberfläche höher dotierte n⁺⁺- bzw. p⁺⁺-Schichten (**3** bzw. **8**) integriert sind.

2. Verfahren zur Herstellung einer Hochleistungs-Solarzellenstruktur nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

a) auf den Stirnflächen des Siliziumsubstrates (**1**) wird eine niedrig dotierte tiefe n⁺-Schicht (**2**) bzw. eine niedrig dotierte tiefe p⁺-Schicht (**7**) (mit niedriger Oberflächenkonzentration) ganzflächig hergestellt,

b) auf den niedrig dotierten tiefen Schichten (**2**, **7**) wird jeweils eine Passivierungsschicht (**4**, **9**) erzeugt,

c) auf die Passivierungsschichten (**4**, **9**) werden Absorptionsschichten (**5**, **10**) aus Siliziumnitrid, Titanoxid oder Tantaloxid aufgebracht,

d) im Bereich der vorgesehenen ohmschen Kontaktflächen (**3/6** bzw. **8/11**) der metallischen Kontakte (**6** bzw. **11**) werden in den Absorptionsschichten (**5**, **10**) und den Passivierungsschichten (**4**, **9**) Diffusionsfenster durch Bestrahlung mit Laserlicht geöffnet,

e) in den Fensteröffnungen werden die höher dotierten flachen n⁺⁺- bzw. p⁺⁺-Schichten (**3**, **8**) (mit hoher Oberflächenkonzentration) durch Eindiffusion von Dotierstoffen hergestellt, und

f) auf die Absorptionsschichten (**5**, **10**) werden die metallischen Kontakte (**6**, **11**), die die Fensteröffnungen in den Absorptionsschichten (**5**, **10**) und Passivierungsschichten (**4**, **9**) ausfüllen, aufgebracht.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Aufbringen der Absorptionsschichten (**5**, **10**) aus Siliziumnitrid, Titanoxid oder Tantaloxid auf diese Schichten (**5**, **10**) jeweils

eine als Maskierungsschicht dienende Siliziumoxidschicht (**12** bzw. **13**) in einer für Diffusionsmasken benötigten Dicke aufgebracht wird, und daß diese Maskierungsschichten (**12**, **13**) bei der Bestrahlung mit Laserlicht in den Bereichen der Fensteröffnungen abgetragen werden und bei der Herstellung der höher dotierten Schichten (**3**, **8**) die Absorptionsschichten (**5**, **10**) während des Diffusionsvorganges schützen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch die Verwendung eines CVD-Abscheidungsverfahrens zur Herstellung der Siliziumoxidschichten (**12**, **13**).

5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die tiefen dotierten n⁺- bzw. p⁺-Schichten (**2**, **7**) durch ein Diffusionsverfahren auf den Stirnseiten des Siliziumsubstrates (**1**) hergestellt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 5, gekennzeichnet durch ein Aufwachsen der Passivierungsschichten (**4**, **9**) durch thermische Oxidation auf die tiefen dotierten Schichten (**2**, **7**).

7. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Absorptionsschichten (**5**, **10**) als Antireflexbeschichtungen dienen und mit einer Dicke von $\lambda/4 \cdot n$ aufgebracht werden, wobei λ die Wellenlänge und n den Brechungsindex des Materials der Absorptionsschichten bezeichnen.

8. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Absorptionsschichten (**5**, **10**) und die Kontakte (**6**, **11**) eine Antireflex-Schicht aufgebracht wird, wobei die gegebenenfalls auf den Absorptionsschichten (**5**, **10**) vorhandenen Maskierungsschichten (**12**, **13**) vorher entfernt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch ein Ätzverfahren in Flußsäuremischungen zum Abtragen der Maskierungsschichten (**12**, **13**).

10. Verfahren nach Anspruch 2, 3, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Antireflexbeschichtungen (**5**, **10**) durch Aufdampfen, Aufschleudern, Aufsprühen, durch thermische Verfahren oder durch einen CVD-Prozeß hergestellt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 2 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Herstellung der metallischen Kontakte (**6**, **11**) durch Siebdrucktechnik erfolgt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

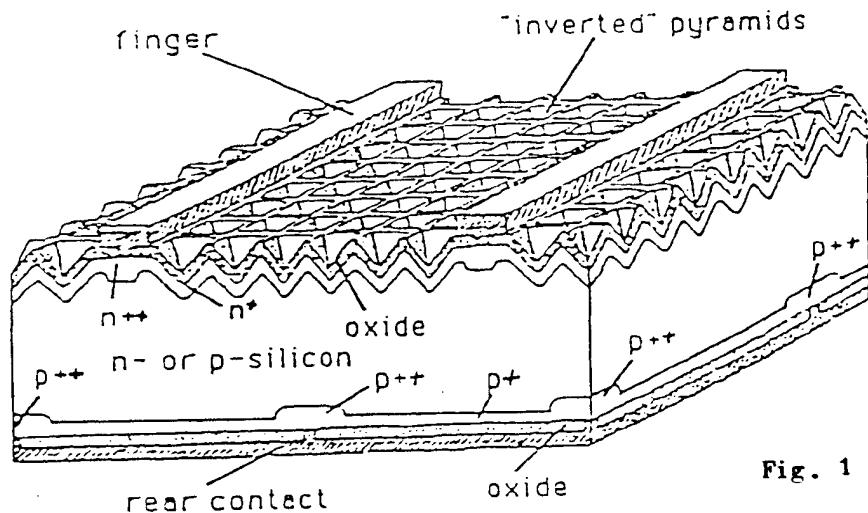


Fig. 1

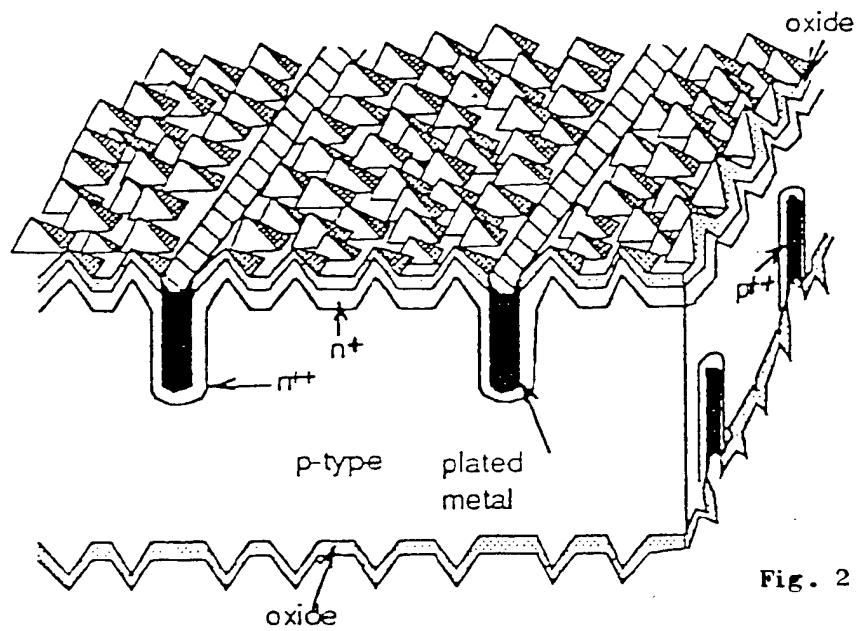


Fig. 2

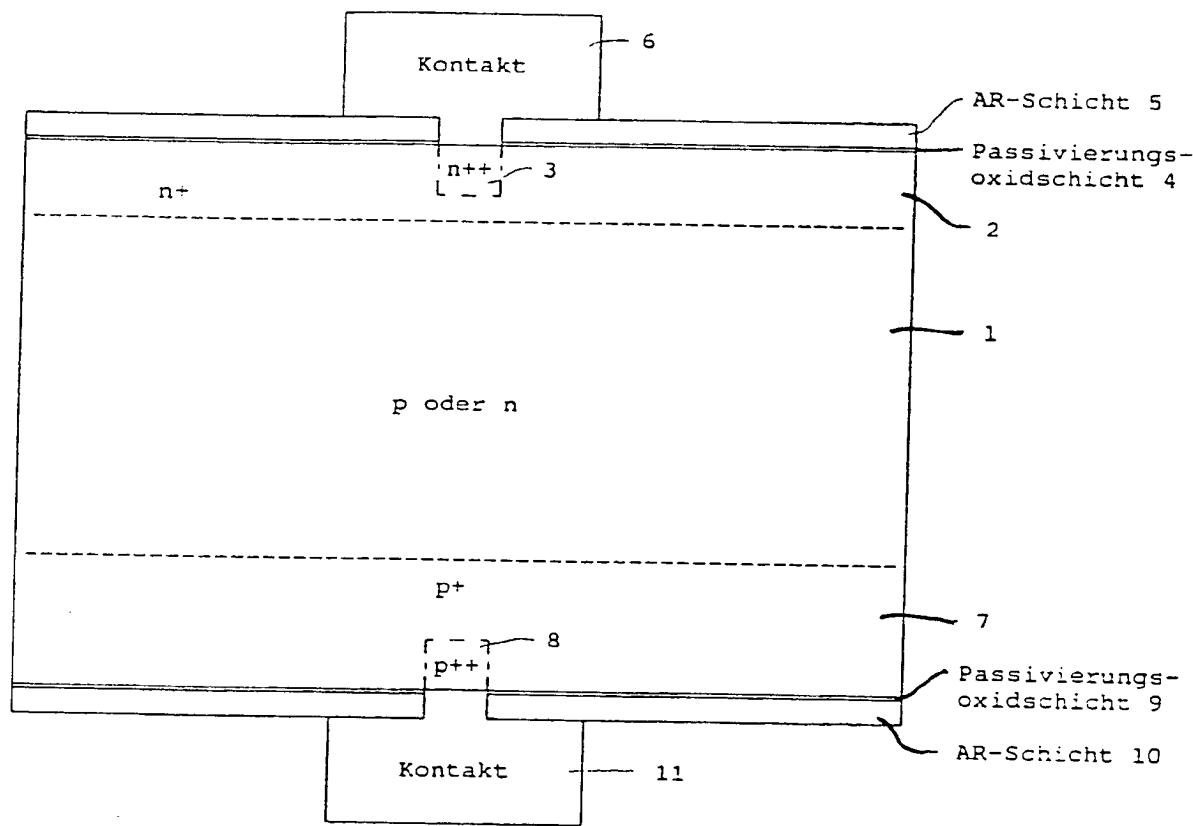


Fig. 3

Schematische Darstellung der Hochleistungs-
solarzellenstruktur (Querschnitt)

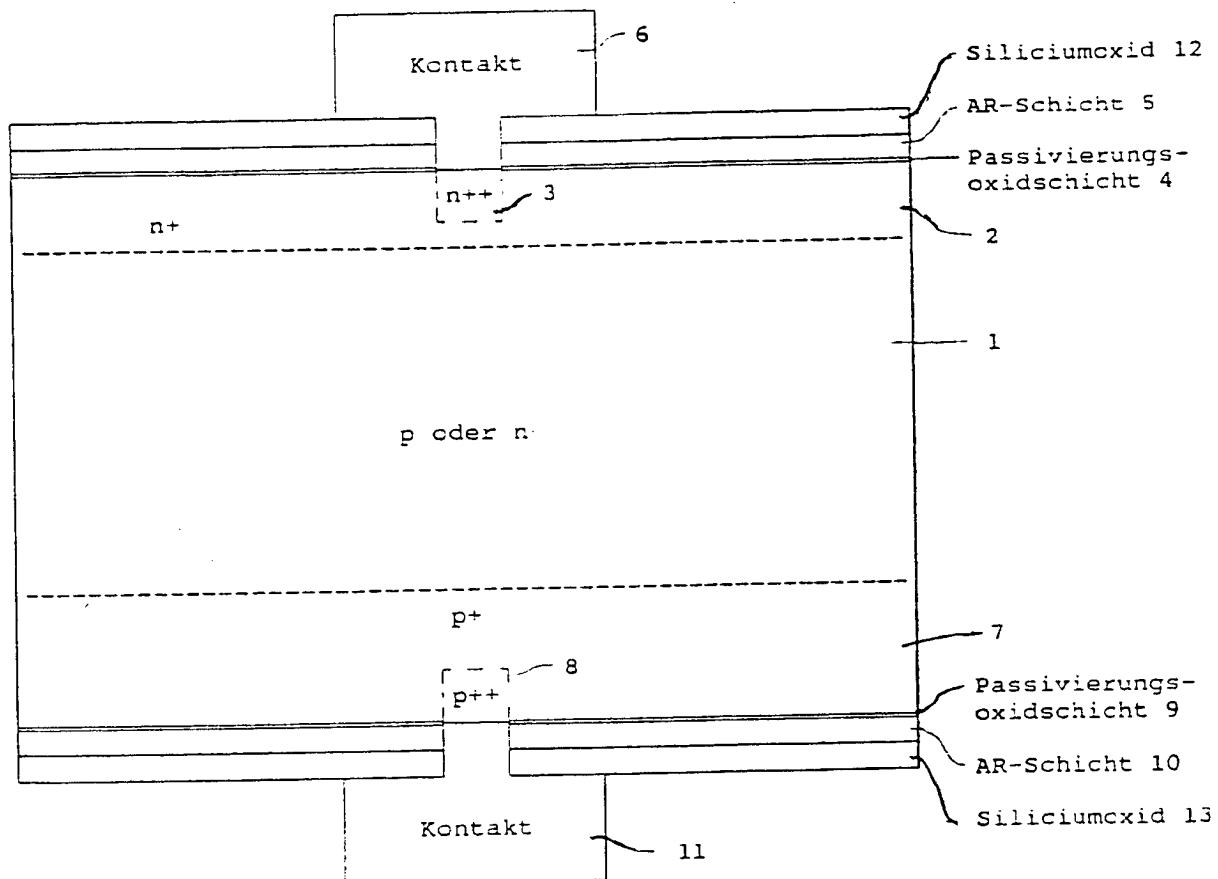


Fig. 4

Schematische Darstellung der Hochleistungs-
solarzellenstruktur (Querschnitt)